

ИНТЕГРИРАНЕ НА ИОТ РЕШЕНИЯ В ГРАДСКАТА ИНФРАСТРУКТУРА: ВЪЗМОЖНОСТИ И ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА ЗА БЪЛГАРСКИЯ ПАЗАР

Васил Лукарев

INTEGRATION OF IOT SOLUTIONS INTO URBAN INFRASTRUCTURE: OPPORTUNITIES AND CHALLENGES FOR THE BULGARIAN MARKET

Vasil Lukarev

Abstract: Integration of IoT (Internet of Things) into urban infrastructure is becoming a key factor in the development of sustainable, efficient and competitive cities. Bulgaria has shown significant progress in connectivity and digital transformation, and continues to face challenges such as digital skills shortages, cybersecurity and limited integration between systems. European Commission reports show that the country has a robust telecommunications infrastructure, but the level of adoption of IoT solutions remains uneven among municipalities. At the same time, market analyses confirm increased interest in IoT-based urban services, including smart lighting, traffic management, and energy efficiency.

Key words: Internet of Things (IoT); Smart City; Sustainable Development Model; IoT implementation roadmap.

Увод

Урбанизацията и технологичният напредък променят модела на управление на градовете. Над 77% от населението на България живее в градски територии, което създава значителен натиск върху транспортната, социалната и енергийната инфраструктура. Европейски инициативи като Digital Decade 2030 и Horizon Europe насърчават интегрирането на цифрови и интелигентни технологии в публичния сектор като средство за повишаване на устойчивостта и качеството на живот (European Commission, 2025; CINEA, 2024).

България отбелязва прогрес в свързаността и дигиталните услуги, но отчита и предизвикателства като липса на достатъчно дигитални умения и непълно внедряване на IoT стандартите в общините (European Commission, 2025).

1. IoT в градската инфраструктура

Умният град се разглежда като система, която използва информационни и комуникационни технологии за интеграция на енергийни, екологични, транспортни и обществени услуги, със силен акцент върху устойчивостта, участието на гражданите и съвместимост на решенията (CINEA, 2024). Европейската политика Digital Decade 2030 задава количествени цели за свързаност, цифрови умения и дигитални публични услуги - рамка, в която IoT се вписва като технология, която осигурява данни в реално време и автоматизация (European Commission, 2025).

Класическата архитектура на IoT в градовете включва (Фиг.1):

- Устройства/сензори (edge)
- Свързаност (LPWAN/LoRaWAN, 4G/5G, оптика)
- Платформи за данни (ETL, API, data lakes)
- Приложения/аналитика (AI/ML, визуализация, автоматизация).



Фиг. 1. Класическата архитектура на IoT

Източник: Авторът

Съвременни систематични прегледи на IoT в умните градове очертават като ключови области анализ на данни, мрежова/комуникационна ар-

хитектура, сигурност и поверителност и събиране на данни (Omran et al., 2024).

Успешната интеграция изисква стандарти за данни, API и механизми за съвместимост, за да се избегне фрагментация и ограничения „за един вендор“. Европейският кратък доклад за стандартизация на умните градове подчертава ролята на CEN CENELEC ETSI и нуждата от холистичен подход за напълно съвместими, скалируеми решения (SESEI, 2025). Практиките на Smart Cities Marketplace препоръчват отворени формати и референтни архитектури като основа за репликация в Европа (CINEA, 2024). Градските платформи следва да поддържат каталози на данни, политики за качество, етика и достъп и да се интегрират с цифрови двойници за симулации и планиране - подход, който подпомага изграждането на „урбанизирани интелигентни общности“ и геоинформационни услуги за гражданите (Petrov, 2024). Внедряването на дигитални двойници изисква консолидирани IoT потоци, ясни модели на собственост/достъп и механизми за анонимизиране на данните. От IoT към градски услуги рискът се увеличава експоненциално. Затова „security by design“ (Zero Trust, сегментация, криптиране, SOC/VAPT) и спазване на GDPR/NIS2 са задължителни. Очаква се България също да засили капацитета си, според ИТА (International Trade Administration, 2024). От гледна точка на технологичните тенденции, съчетаването на edge AI (локална обработка на събития), cloud native платформи, 5G small cells и LPWAN осигурява гъвкавост, ниска латентност и енергийна ефективност като фундамент за скалируема градска IoT архитектура (CINEA, 2024; SESEI, 2025). Моделите за „данни като услуга“, публично частни партньорства и оперативни икономии (напр. при осветление, мобилност) са сред доминиращите логики за възвръщаемост при IoT решенията (EIB Investment Report 2024/25; CINEA, 2024).

2. Глобални тенденции в интеграцията на IoT

Градовете глобално, интегрират IoT поради натиск от урбанизация, климатични цели и нужда от ефективни услуги. UN Habitat отчита, че програмите за устойчивост и дигитална трансформация стимулират внедряването на решения за енергия, мобилност и среда, където IoT е ключова технология (UN Habitat, 2024; CINEA, 2024). Европейските проекти преминават от пилоти към репликации по коридори и квартали.

Докладът The State of European Smart Cities (2024) систематизира повече от 550 решения в 120 града и акцентира върху нуждата от съвместимост, отворени данни и финансиране за скалируемост (CINEA, 2024). IMD Smart City Index (2024) показва, че водещи европейски градове (напр. Цюрих) комбинират иновации, управление на данни и партньорства, за да ускорят дигиталните услуги и интелигентни инфраструктури (Mayors of Europe, 2024).

За постигане на поставените цели са необходими насочени към IoT политики и стандарти. Европейската рамка за стандартизация на умните градове, подчертава нуждата от общи термини, интегрирани процеси и съвместимост между секторни приложения (SESEI, 2025). На ниво инвестиции, EIB Investment Report 2024/25 отбелязва, че фирмите в ЕС изостават в интеграцията на big data/AI спрямо САЩ, а опростяването на регулациите и насърчаването на иновациите са ключови за ускоряване на дигиталната трансформация (EIB, 2025). Конвергенцията на AI/edge, 5G/оптични мрежи, LPWAN и cloud native платформи прави IoT системите по надеждни и скалируеми. Европейските инициативи насърчават създаването и използването на дигитални близнаци, интелигентни енергийни системи и свързана мобилност като приоритети за следващия цикъл (CINEA, 2024; UN Habitat, 2024).

При интегрирането на IoT има и различни предизвикателства, на които трябва да се обърне внимание. Основните трудности са свързани с киберсигурността, съвместимостта и капацитета за интеграция/експлоатация. Комплексността на обществени поръчки и различията в регулациите между държавите членки в ЕС също забавят скалирането (SESEI, 2025; EIB, 2025).

3. Състояние на IoT пазара в България

България е сред европейските лидери по дигитална свързаност в големите градове. Покри TIETO на мрежи с голям капацитет (оптични/5G) достига ~88.6%, а мобилният интернет е сред топ 10 по скорост в света (Ministry of Transport and Communications, 2025). Digital Decade Country Report (2025) потвърждава силната инфраструктурна база, но отчита изоставане в цифровите умения и киберсигурността (European Commission, 2025). Според Statista пазарът на „умни градове“ в България се очаква да достигне ~78 млн. USD до 2029 г. при CAGR ~8.46% (2025–2029), като основни двигатели са IoT

приложения за осветление, паркиране, трафик и публични услуги (Statista, 2025). 6Wresearch (2025–2031) описва сегменти за 5G разгръщане, IoT управление на устройства, анализ на данни директно на edge (вместо изпращане на всичко към облака), дигитални двойници и сигурност, които насочват къде ще растат инвестициите в българския контекст (6Wresearch, 2025). Регионалната пазарна динамика и потенциалът за жилищния пазар (NUTS 2) дават контекст за градските инвестиции и IoT подкрепени услуги (Blagoev, 2024).

Съществуват редица инициативи и добри практики, които се очаква да се развият. Научни и общински инициативи, като разработката на дигитални близнаци и пилотни IoT проекти демонстрират готовност за интеграция и управление на данни. Академични изследвания представят модел за „умни стълбове“ върху съществуващата осветителна мрежа, с икономически/екологични ползи и гъвкави бизнес модели (Vankov & Lukarev, 2025). Паралелно, секторни стратегии (напр. BIM/AI в строителството) поставят срокове за дигитализация и въвеждане на BIM в инвестиционни проекти до 2027/2030 г., което ускорява интеграцията на данни и IoT в инфраструктурата (UNECE/MPPB презентация, 2025). От друга страна, ИТА (2024) идентифицира сложни обществени поръчки, дефицит на дигитални умения и различия в покритието в някои региони като пречки пред широкомащабно внедряване (International Trade Administration, 2024). Digital Decade докладът подчертава нуждата от укрепване на киберсигурността и административния капацитет (European Commission, 2025).

Българският пазар предоставя различни възможности за финансиране - високата свързаност, наличието на ICT компании и европейските програми (Digital Europe, CEF Digital, Horizon Europe, ERDF) създават условия за пилотиране и скалиране на IoT, при условие че се следват стандарти за данни/съвместимост и се изграждат устойчиви публично-частни предприемачески модели (CINEA, 2024; International Trade Administration, 2024).

Като основни IoT приложения в българските градове може да споменем:

Интелигентно осветление. Автоматизирано управление на интензитета, графици и детекция на присъствие, базирано на сензори за осветеност/движение и енергийни профили. Типични икономии достигат 30–60% спрямо конвенцио-

нални системи. Като допълнителни ползи може да споменем - по-нисък OPEX, дистанционна диагностика, интеграция с платформи за данни и дигитални близнаци (CINEA, 2024; UN Habitat, 2024).

Управление на трафика и мобилност. Комплекс от видеосензори, броячи на потоци, Bluetooth/LoRaWAN/GNSS източници за пътни времена, интеграция с адаптивни светофари и приоритетни коридори за обществен транспорт. Като резултат може да очакваме - намаление на задръстванията и емисиите, по-висока предвидимост на пътуванията. Основни предизвикателства, пред тези приложения са съвместимост на данните, киберсигурността и интеграцията с градските платформи (CINEA, 2024; SESEI, 2025).

Екологичен мониторинг (въздух, шум, микроклимат). IoT мрежи за PM2.5/PM10, NO₂/CO₂/O₃, шумови нива и метео индекси, свързани с отворени данни и свободно използване на данните за граждани. Данните захранват дигитални близнаци и сценарии за намаляване на емисии, имплементиране на препоръчителни протоколи за качество и етика (Omran et al., 2024; CINEA, 2024).

Умни стълбове като конвергентна платформа. Многофункционални стълбове, съчетаващи LED осветление, 5G/LoRaWAN/Wi Fi, камери и AI видеоанализи, SOS бутони, дисплеи, сензори за среда и EV зареждане. Българските изследвания показват икономически и екологични ползи и гъвкави модели за приходи (абонаменти, ко локация, реклама, данни) (Vankov & Lukarev, 2025; Statista, 2025).

Паркиране и управлението на обществени пространства. Наземни сензори за свободни места, мобилни приложения за навигация, тарфиране според натоварване, интеграция с автоматичен контрол (като налага правила, а не просто ги препоръчва) и отворени данни. Ползите включват по-лесно и за по-малко време търсене на място, по-малко трафик и по добри приходи (CINEA, 2024; Statista, 2025).

Управление на отпадъците/водите и обществената безопасност. Цялостно наблюдение на контейнери, оптимизация на маршрути, сензори за течове/налягания, детекция на инциденти (звукови аномалии/видеоанализ) и интеграция със услугите за спешна помощ при спазване на GDPR/NIS2 (Omran et al., 2024; ИТА, 2024).

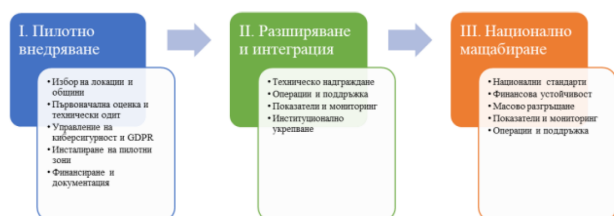
Съществуват много и различни други приложения, които могат да бъдат имплементирани

ни, в зависимост от конкретните нужди. За да се отчете влиянието на имплементираните приложения се дефинират метрики, като: енергия (kWh/стълб), трафик (време на пътуване, средна скорост), въздух/шум (индекс в реално време), безопасност (време за реакция, предотвратени инциденти), използваемост на данни (качество/достъп), икономика (OPEX пред/след, приходи/абонаменти) и др. (CINEA, 2024).

4. Примерна пътна карта за внедряване на IoT решения в българските общини

Целта на пътната карта е да осигури структурирана, поетапна, съвместима и финансируема рамка за широкомащабно внедряване на IoT решения в българските общини, в съответствие с европейските политики Digital Decade 2030, EU Urban Agenda, CEF Digital и Horizon Europe. Пътната карта, обединява стратегическо планиране, техническа реализация, междуинституционално сътрудничество, управление на данните, финансова устойчивост и механизми за оценка на въздействието. Българският контекст предполага адаптиран подход, съобразен с административните, финансовите и инфраструктурните особености на общините, както и с европейските регулаторни и стратегически рамки, и националните програми за дигитализация (European Commission, 2025; CINEA, 2024).

Пътната карта е разделена на три основни етапа: **пилотно внедряване, разширяване и интеграция, и национално мащабиране**. Всеки от тях включва подетапи, необходими за гарантиране на дългосрочна устойчивост, сигурност, икономическа обоснованост и максимално обществено въздействие (Фиг.2).



Фиг. 2. Класическата архитектура на IoT

Източник: Авторът

Принципи и целева рамка:

- Съвместимост. (MIMs, отворени API, общи формати). Гарантира съвместимост между различни системи, доставчици и градски услуги.
- Модулна структура. Стъпаловидно внед-

ряване, позволяващо разширяване с нови услуги без технологични блокажи.

- Сигурност по дизайн. Zero Trust архитектура, сегментация, криптиране, SOC/NOC, съответствие с NIS2/GDPR (ITA, 2024).

- Управление на данни. Стандартизирани каталози на данни, политики за достъп, качество и етика.

- Интеграция с дигитални близнаци. Събиране на IoT данни в градски цифрови двойници за моделиране, симулации и планиране (CINEA, 2024).

- Финансова устойчивост. ПЧП модели, абонаменти, ко-локация, реклама, EV зарядни, DaaS модели.

Етап I – Пилотно внедряване (0–1 година)

Този етап се фокусира върху изграждането на демонстрационни зони в градове с висока административна готовност и съществуваща дигитална инфраструктура.

Избор на локации и общини. Приоритетни градове - София, Бургас, Варна, Пловдив, Габрово, всички с доказан напредък в интелигентните решения, модернизирano осветление и различни IoT инициативи.

Управленски действия. Учредяване на общински IoT офис, екип от 3–5 души (ИТ, сигурност, планиране, аналитика). Приемане на резолюция/решение на пътната карта за IoT от общинския съвет и обединяване на заинтересовани страни - телекоми, ICT фирми, НПО, университети.

Първоначална оценка и технически одит. Оценка на съществуващи осветителни стълбове, възможност за ко локация на 5G small cells, налични комуникационни мрежи (fiber, LTE, LoRaWAN), рискове, свързани с електрозахранването и безопасността.

Управление на киберсигурност и GDPR. Основни изисквания са Zero Trust архитектура, криптиране на всички комуникации, сегментиране на мрежите, SOC мониторинг, редовни VAPT и ISO 27001/27701 съответствие. Потребността от укрепване на киберсигурността е подчертано като национален приоритет в доклада на ИТА за дигиталната икономика на България.

Инсталиране на пилотни зони. Препоръчително 20–50 умни стълба, разположени в централни градски зони, около транспортни възли, пешеходни зони или университетски сгради. Функции за пилотната фаза:

- Интелигентно LED осветление
- Екологични сензори
- Видеонаблюдение и AI видеоаналитика
- Wi Fi и LoRaWAN комуникации
- Малки 5G клетки за оптимизация на мобилното покритие (практика, широко използвана в Европа).

В пилотната фаза е критично да се осигури отворена архитектура в съответствие с MIMs (Minimum Interoperability Mechanisms), съвместимост със съществуващите платформи за видеонаблюдение, транспорт и мониторинг както и интеграция с общинските платформи за управление на данни. Този подход е в съответствие с препоръките на Smart Communities Network (2025) за изграждане на устойчиви данни и съвместимост в общините.

Финансиране и документация. Подготовка на проекти по Digital Europe, CEF Digital, ERDF, JASPERS (CINEA, 2024), ПЧП за ко локация и платформа като услуга и Cost-Benefit анализ (по ЕС EAV, 2021).

Етап II – Разширяване и интеграция (1–3 години)

Техническо надграждане. Разгръщане на интелигентни коридори по ключови булеварди, обединяване на IoT системи на осветление, мобилност, екология, видеонаблюдение в единна платформа. Изграждане на общински център за данни и интеграция с национални регистри.

Операции и поддръжка. Създаване на NOC (Network Operations Center) и SOC (Security Operations Center). Дефиниране на SLA с доставчици (uptime, latency, security patches, asset replacement). Изграждане на автоматични ОТА обновления.

Показатели и мониторинг. Може да се въведат следните примерни показатели за измерване на ефективността на IoT решенията - икономии от енергия, намаление на трафика, намаляване на пътно време, качество на въздуха, използваемост на публични услуги, ръст на предотвратени дребни инциденти, оперативни разходи преди/след внедряване, възвръщаемост и генерирани приходи, удовлетвореност на гражданите, използваемост на отворени данни.

Институционално укрепване. Обучение на администрацията: IoT, киберсигурност, данни. Изграждане на партньорства с университети, стажове, R&D лаборатории. Създаване на общински борд за управление на данните.

Етап III – Национално мащабиране и устойчивост (3+ години)

Националното разгръщане се базира на координация между държавата, общините, операторите и ICT сектора.

Национални стандарти. Създаване на BG MIM (Български минимални механизми за съвместимост). Дефиниране на референтни технически спецификации за обществени поръчки, киберсигурност и GDPR, модели за съвместимост.

Финансова устойчивост. Модели: абонамент-на такса, DaaS, реклама, EV зареждане, ко-локация. ПЧП за поддръжка и обновяване. Обединяване на общини за съвместни поръчки (консорциуми). Финансиране чрез европейски програми като CEF (Connecting Europe Facility) дигитални коридори, Horizon Europe - иновационни пилотни проекти, ERDF - градско развитие, Digital Europe - цифрови инфраструктури, ПЧП модели с телекоми и частни оператори. Приходи може да се реализират от продажба на анонимизирани данни за мобилност и среда, телекомуникационни услуги, отдаване на сензорни модули, EV зареждане, реклама като и предоставяне на платформата от умни стълбове на външни фирми (например изграждане на мобилни приложения използвани данните от платформата).

Масово разгръщане. Поетапно покритие на 20+ общини. Национален пул на IoT данни под управлението на държавата. Създаване на Национален център за градски дигитални системи.

5. Изследователска рамка и данни

Изследването използва количествен подход, включвайки структурирани проучвания, насочени към общинските администрации и потенциални бизнес партньори. Основната цел беше да се проучи осведомеността, очакванията и нивото на подготвеност по отношение на приемането на IoT технологии в Българската градската среда (Creswell & Plano Clark, 2018). Въпросникът включваше различни сегменти като разбиране на IoT, очаквани обществени и икономически ползи, готовност на инфраструктурата, капацитет на работната сила и управление на данните, а целта на респондентите беше да оценят икономическите и екологичните последици, да идентифицират движещите мотиви за изпълнение и да предложат потенциални стратегии за публично-частно сътрудничество. Анкетата е проведена с повече от 200 респондента от об-

щински администрации, оператори на публични обекти и ICT компании в периода Юни – Декември 2025 г.

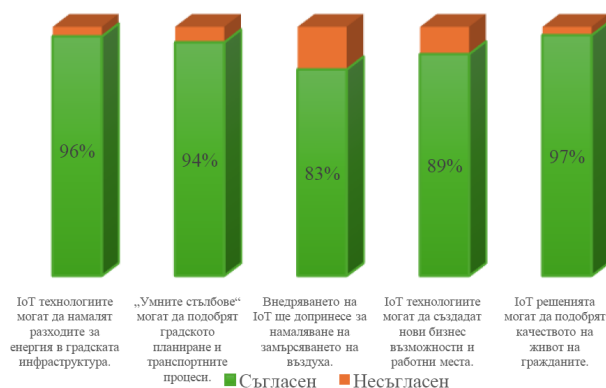
Отговорите на проучването отразяват специфични за региона характеристики и разкриват ограничена осведоменост за концепцията за умни стълбове, въпреки общото познаване на IoT. Както се вижда, участниците признават предимствата на IoT приложенията за намаляване на потреблението на енергия, подобряване на градското планиране и подкрепа на местната икономика.

В отговорите на „Общи въпроси и информираност“ се вижда, че по-голямата част от участниците са запознати с IoT, като в същото време технологичното адаптиране е много ограничено, и това може да се счита за добра възможност за увеличаване на търсенето и покриване на нуждите (Фиг.3)



Фиг. 3. Общи въпроси и информираност

Източник: Авторът



Фиг. 4. Потенциални ползи

Източник: Авторът

Отговорите относно „Потенциалните ползи“ (Фиг. 4) ясно показват, че IoT технологиите и платформата от „умни стълбове“ могат да донесат

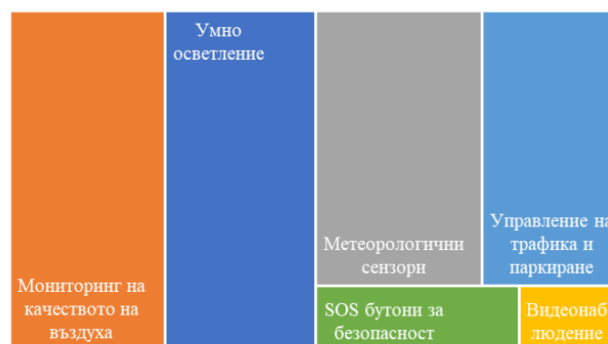
сат значителни предимства на цялата градска екосистема, като намаляване на енергийните разходи, подобряване на планирането и транспортните потоци, намаляване на замърсяването на въздуха и в същото време да създадат нови работни места и възможности за бизнес и икономически растеж. Всичко това заедно ще подобри качеството на живот.

На въпроса „Какъв е основният фактор, който би ви мотивирал за внедряване на IoT?“ по-голяма част от участниците изразиха мнение, че внедряването и използването на IoT технологии ще се ръководи от множество фактори, като основните са свързани с намаляване на разходите, последвани от повишаване на ефективността и положителни ползи за околната среда (Фиг. 5).



Фиг. 5. Какъв е основният фактор, който би ви мотивирал за внедряване на IoT?

Източник: Авторът



Фиг. 6. Кои функции на „умните стълбове“ бихте искали да видите във вашия град?

Източник: Авторът

При отговорите на въпроса „Кои функции на „умни стълбове“ бихте искали да видите във вашия град?“ водещи са „Умно осветление“, „Мониторинг на качеството на въздуха“, „Ме-

теорологични сензори“ и „Управление на трафика и паркиране“. Отговорите ясно посочват проблемите и очакванията от градската среда в последните няколко години. Основните предизвикателства са причинените от презастрояването, увеличаване на жителите и превозните средства (Фиг. 6).

На въпроса „Кои са най-големите бариери за внедряване на IoT решения в една организация?“ (Фиг. 7) са получени много различни отговори. След нормализиране на данните са изведени следните бариери за внедряване на IoT. Водещо е „Състоянието на инфраструктурата“ с 21%. За да заработи ефективно каквото и да е IoT решение трябва да използва съществуващата инфраструктура, която не в най-доброто си състояние и в повечето случаи не е регулярно поддържана. Изграждането на изцяло нова инфраструктура е дългосрочен процес, изискващ значителни инвестиции и в повечето случаи промяна на устройствения план, което изисква години.

„Високи начални инвестиции“ с 19%. Закупуване на устройства, сензори, платформи и обучение на персонал изискват значителни ресурси. Неясна възвръщаемост на инвестицията при липса на ясна стратегия.

„Недостиг на квалифицирани кадри“ с 18%. Липса на експерти с опит в IoT, сигурност, анализ на данни и поддръжка. Високо търсене на системни интегратори и инженери по IoT. Изграждането на квалифицирани кадри също изисква време и ресурси.

„Сигурност и защита на данните“ – 12%. IoT устройствата генерират значителни обеми от чувствителна информация. Уязвимости в мрежата или устройствата могат да доведат до провали в сигурността.

„Сложна системна интеграция“ – 11%. IoT решенията често трябва да се интегрират с вече съществуващи системи. Разнородни устройства и платформи затрудняват съвместимостта и управлението.

„Липса на ясна бизнес стратегия“ – 9%. Много организации започват IoT проекти без дефинирани цели, KPI или план за мащабиране. Това води до фрагментирани решения и ниска ефективност.

„Регулаторни и правни предизвикателства“ – 1%. Спазване на GDPR, киберсигурност и други нормативни изисквания. Неяснота относно собствеността и управлението на данни.

Как могат да се преодолеят трудностите? Стратегическо планиране с ясно дефинирани цели и ROI модели, изграждане на екип с IoT компетенции или партньорство със системни интегратори, инвестиции в сигурност и стандартизация, пилотни проекти за тестване и валидиране на решения преди мащабиране са само част от стъпките за успешно внедряване на IoT решения.



Фиг. 7. Кои са най-големите бариери за внедряване на IoT решения в една организация?

Източник: Авторът

6. Заключение

Проведените изследвания за внедряване на умни IoT технологии и по-специално концепцията за „умни стълбове“ в българската градска среда потвърждават първоначалната хипотеза, че интегрирането на IoT решения в съществуващата инфраструктура допринася не само за икономическата устойчивост чрез намаляване на оперативните разходи, но и за подобряване на околната среда и дългосрочна устойчивост на градовете. Проведеното изследване разкрива значителна готовност и интерес към внедряване на технологии за умни градове, макар и с известни резерви по отношение на инфраструктурата и поддръжката.

Анализът ясно показва множество икономически ползи. Сред най-цитираните от респондентите са намаляването на потреблението на електроенергия поради интелигентно управление на осветлението, повишената ефективност в градските услуги и създаването на нови предприемачески възможности чрез монетизиране на данни и базирани на платформи бизнес модели. Освен това възможността за модернизиране на съществуващата осветителна инфраструктура без мащабни инвестиции прави решението едновременно

менно рентабилно и мащабируемо, особено в контекста на ограничени общински бюджети.

От екологична гледна точка платформата от „умни стълбове“ предлага значителни ползи. Те включват по-ниски въглеродни емисии, подобрен мониторинг на качеството на въздуха и оптимизиране на трафика и енергийните потоци. Модулният дизайн, енергийно ефективният хардуер и интегрирането на възобновяеми енергийни източници (напр. слънчеви панели) допълнително засилват екологичната стойност на системата. Освен това възможността за събиране и обработка на данни за околната среда в реално време предоставя на градските администрации мощни инструменти за управление и устойчиво планиране.

Въпреки тези предимства остават и няколко предизвикателства. Изследването идентифицира критични бариери като липсата на обучен персонал за поддръжката на IoT системите, опасенията за поверителността на данните и киберсигурността, не-доброто състояние на голяма част от съществуващата градска инфраструктура. Преодоляването на тези пречки ще изисква координирани усилия с участието на публичните органи, частните доставчици на технологии и академичните среди. По-специално, създаването на програми за обучение, стратегически партньорства и регулаторни рамки, подкрепящи сигурно и етично използване на данни, ще бъде от решаващо значение за устойчивото внедряване.

Валидирането на работната хипотеза отваря пътица за бъдещи изследвания и практическо прилагане. Една обещаваща посока включва разработването на специализирани пилотни проекти в средно големи Български градове за по-нататъшна оценка на реалната производителност, изискванията за поддръжка и приемането от общността на умните стълбове. Тези пилотни инициативи могат да служат като тестови инкубатори за иновации, генерирайки ценна обратна връзка за оптимизиране както на технологията, така и на бизнес модела. Освен това се препоръчват дълготрайни проучвания за наблюдение на екологичното и социално-икономическото въздействие на приемането на IoT с течение на времето.

Друга бъдеща изследователска посока се крие в разширяването на функционалностите на IoT платформата чрез интеграция с изкуствен интелект (AI) и машинно обучение (ML). Прогнозният анализ може да повиши стойността на

събраните данни, поддържайки усъвършенствани сценарии за градско планиране като прогнозна поддръжка, динамично пренасочване на трафика и оптимизиране на реакцията при извънредни ситуации. Освен това разработването на отворени API за разработчици трети страни ще насърчи създаването на допълнителни услуги и приложения, стимулирайки иновациите и предприемаческите екосистеми.

В заключение, внедряването на интелигентни IoT технологии в България представлява реалистичен, иновативен път към по-устойчиви, интелигентни и икономически жизнени градове. Инициативата "умни стълбове" служи не само като технологичен напредък, но и като стратегическа възможност за преосмисляне на градския живот. Чрез информирани политически решения, сътрудничество със заинтересованите страни и непрекъснати изследвания, България може да се позиционира като регионален лидер в иновациите в интелигентните градове, привеждайки националното развитие в съответствие с глобалните цели за екологична и дигитална трансформация.

Литература

Blagoev, D. (2024) Dynamics and potential of the residential real estate market in the North East Region (NUTS 2) in Bulgaria, *Недвижими имоти & Бизнес, Vol. VIII (1)*.

CINEA – European Climate, Infrastructure and Environment Executive Agency (2024) *The State of European Smart Cities* (HZ 05 24 140 EN N). Luxembourg: Publications Office of the EU. Available at: https://smart-cities-marketplace.ec.europa.eu/sites/default/files/2024-02/State%20of%20the%20European%20Smart%20Cities%202024_HZ-05-24-140-EN-N.pdf (Accessed: 13 January 2026).

Creswell, J.W. and Plano Clark, V.L. (2018) *Designing and Conducting Mixed Methods Research*. 3rd ed. Thousand Oaks, CA: SAGE. Available at: <https://study.sagepub.com/creswell3e> (Accessed: 13 January 2026).

Damodaran, A. (2012) *Investment Valuation: Tools and Techniques for Determining the Value of Any Asset*. 3rd ed. Hoboken, NJ: Wiley. Available at: https://archive.org/download/finance_books/Investment%20Valuation%20-%20A.%20Damodaran.pdf (Accessed: 13 January 2026).

European Commission (2021) *Economic Appraisal Vademecum 2021–2027: General Principles and Sector Applications*. Luxembourg:

Publications Office of the EU. doi: 10.2776/182302. Available at: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/cf2c28fe-484e-11ed-92ed-01aa75ed71a1/language-sk> (Accessed: 13 January 2026).

European Commission (2025) *Digital Decade Country Report – Bulgaria*. Available at: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/factpages/bulgaria-2025-digital-decade-country-report> (Accessed: 13 January 2026).

European Investment Bank (EIB) (2025) *Investment Report 2024/2025: Innovation, integration and simplification in Europe*. Luxembourg: EIB. doi: 10.2867/8065730. Available at: <https://www.eib.org/en/publications/20240354-investment-report-2024> (Accessed: 13 January 2026).

International Trade Administration (ITA) (2024) *Bulgaria – Digital Economy*. 18 September. Available at: <https://www.trade.gov/country-commercial-guides/bulgaria-digital-economy> (Accessed: 13 January 2026).

Mayors of Europe (2024) *Transforming Urban Living – Insights from the IMD Smart City Index 2024 on Europe's Leading and Lagging Cities*. Available at: <https://mayorsofeurope.eu/science-and-the-city/transforming-urban-living-insights-from-the-imd-smart-city-index-2024-on-europes-leading-and-lagging-cities/> (Accessed: 13 January 2026).

Ministry of Transport and Communications (Bulgaria) (2025) *Bulgaria Leads in Digital Connectivity in Major Cities...* 9 July. Available at: <https://www.mtc.government.bg/en/category/1/bulgaria-leads-digital-connectivity-major-cities-while-bgn-390-million-investment-will-bring-high-speed-internet-rural-areas> (Accessed: 13 January 2026).

Omrany, H., Al Obaidi, K.M., Hossain, M., Al Duais, N.A.M., Al Duais, H.S. and Ghaffarian-hoseini, A. (2024) *IoT enabled smart cities: a hybrid systematic analysis of key research areas, challenges, and recommendations for future direction*, *Discover Cities*, 1(2). doi: 10.1007/s44327-024-00002-w. Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/s44327-024-00002-w> (Accessed: 13 January 2026).

Petrov, K. (2024) Geo information services for

citizens and creation of the urbanized intelligent communities, *Недвижими имоти & Бизнес*, Vol. VIII (1).

SESEI (2025) *Short report on Smart city in Europe (policy & standardization)*. Available at: <https://sesei.eu/wp-content/uploads/2025/11/Status-updates-on-smart-cities-in-Europe.pdf> (Accessed: 13 January 2026).

Statista (2025) *Smart Cities – Bulgaria Market Forecast (2025–2029)*. Available at: <https://www.statista.com/outlook/tmo/internet-of-things/smart-cities/bulgaria> (Accessed: 13 January 2026).

6Wresearch (2025) *Bulgaria Smart City ICT Infrastructure Market (2025–2031)*. Available at: <https://www.6wresearch.com/industry-report/bulgaria-smart-city-ict-infrastructure-market> (Accessed: 13 January 2026).

UNECE/TEM iHEEP (2025) *Progress in the digitalization of the construction sector in Bulgaria – BIM & AI for Road Infrastructure*. Available at: https://unece.org/sites/default/files/2025-11/UNECE_TEM_iHEEP-2025-Austria-BIM_AI-Bulgaria.pdf (Accessed: 13 January 2026).

UN Habitat (2024) *World Smart Cities Outlook 2024*. Nairobi: UN Habitat. Available at: https://unhabitat.org/sites/default/files/2024/12/un_smart_city_outlook.pdf (Accessed: 13 January 2026).

Vankov, N. and Lukarev, V. (2025) Implementation of smart IoT technologies on the Bulgarian market: an innovative approach for economic sustainability and environmental benefits, *Oikos Institute – New Economy*, 3(1), pp. 101–116. doi: 10.61432/CPNE0301101v. Available at: <https://conference.oikosinstitut.org/files/proc/Vol3No1/8.pdf> (Accessed: 13 January 2026).

PhD student Vasil Lukarev MSc
University of National and World Economy,
Entrepreneurship Department
1700 Sofia, Student Town, UNWE
E-Mail: vlukarev@gmail.com